تكنولوجيا معالجة المياه

اعداد

د/ على محمود رضوان

رئيس قطاع المعامل والجودة

مقدمة فى معالجة مياه الشرب

- - يرجع اهتمام الإنسان بنوعية الماء الذي يشربه إلى أكثر من خمسة آلاف عام . ونظرا للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها فقد كان الاهتمام محصور في لون المياه وطعمها ورائحتها فقط
- - ففي عام 1807م أنشئت محطة لمعالجة المياه في مدينة جلاسكو الأستكلندية ،وتعد هذه المحطة من أوائل المحطات في العالم وكانت تعالج فيها المياه بطريقة الترشيح ثم تنقل إلى المستهلكين عبر شبكة أنابيب

طرق معالجة المياه

- - تختلف عمليات معالجة مياه الشرب باختلاف مصادر تلك المياه ونوعيتها والمواصفات الموضوعة لها . ويجب الإشارة الى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضا في كثير
من الأحيان إلى تغير في عمليات المعالجة
اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلا في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية . هذا ويمكن تناول عمليات المعالجة التقليدية المستخدمة للمياه استنادا إلى مصادرها السطحية والجوفية
.

معالجة المياه السطحية

تحتوي المياه السطحية على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها ، وهي بذلك بعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكر وتغيرا في اللون والرائحة ، معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير . وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية

معالجة المياه الجوفية

- تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم الا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجودا في الوقت الحاضر ، لذلك فأنه إضافة لعملية التطهير فان غالبية المياه الجوفية تحتاج الى معالجة فيزيائية وكيمائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمغنيز والمعادن المسببة لعسر الماء، وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام .

1- التيسير (ازالة العسر) بالترسيب

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر للمياه Water softening إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيمائي وتتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيمائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم

وتشمل عملية التيسير على حوض صغير الحجم نسبيا تتم فيه إضافة المواد الكيمائية حيث تخلط مع الماء الداخل خلطا سريعا لتوزيعها في الماء بانتظام ، ثم ينقل الماء الى حوض كبير الحجم ليبقي فيه زمنا كافيا لإكمال التفاعلات الكيمائية وتكوين الرواسب حيث يخلط الماء في هذه الحالة خلطا بطيا يكفي فقط لتجميع والتصادق حبيبات الرواسب وتهيئتها للترسيب في المرحلة التالية ,

الترسيب2

- تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدامها الإنسان في معالجة المياه . وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة الكيمائية مثل التيسير والترويب وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها
- تتكون المرسبات
- غالبا من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للمياه يتم تصميميها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب ، حيث تؤخذ في الاعتبار الخواص الهيدروليكية لحركة الماء داخل الحوض . ومن الملامح الرئيسية لحوض الترسيب احتوائه على نظام لجمع الرواسب (الحمأة) وجرفها إلى بيارة في قاع الحوض حيث يتم سحبها والتخلص منها بواسطة مضخات خاصة .

3- (اعادة الكربنة) الموازنة

- نظرا لأن المياه الناتجة عن عملية التيسير تكون في الغالب مشبعة برواسب كربونات الكالسيوم ، وحيث أن جزءا من هذه الرواسب يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات أو في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد الشبكات أو الحد من كفاءة المرشحات . لذلك فإن عملية التيسير لضمان عدم حدوث تلك الأضرار . ومن عمليات الموازنة الأكثر استخداما

4- الترشيح

- هو العملية التي يتم فيها إزالة المواد العالقة (العكارة) . وذلك بإمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل وهذه العملية تحدث بصوره طبيعية في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار الى باطن الأرض . لذلك تكون نسبة العكر قليلة جدا أو معدومة في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية (الأنهار والبحيرات وأحواض تجميع مياه الأمطار) التي تحتوي على نسب عالية من العكر . تستخدم عملية الترشيح أيضا في إزالة الرواسب المتبقية بعد عمليات الترسيب في عمليات المعالجة الكيمائية مثل الترسيب والترويب . تتم عملية الترشيح داخل المرشح الذي يتكون من ثلاث أجزاء رئيسة وهي : صندوق المرشح والتصريف السفلي ووسط الترشيح .

5- التطهير

- هو العملية المستخدمة لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (الجراثيم)، وتتم هذه العملية باستخدام الحرارة (التسخين) أو الأشعة فوق البنفسجية أو المواد الكيميائية مثل البروم أو اليود أو الأوزون أو الكلور بتركيزات لا تضر بالإنسان أو الحيوان
- تلجا كثير من محطات المعالجة الى إضافة الكلور بنسب تكفي للحصول على كلور حر متبقي يضمن تطهير الماء الخارج من المحطة بكفاءة عالية ، بل في الغالب تكون كمية الكلور المضاف كافية لتأمين كمية محدود من الكلور الحر المتبقي في شبكة توزيع المياه ، وذلك لتطهير المياه من أي كائنات دقيقة قد تدخل في الشبكة .

المياه الجوفيــة

- المياه الجوفية هى المياه التى تتجمع فى باطن الأرض من تسرب مياه الأمطار إليها ثم تظهر ثانية بشكل ينابيع أو عيون طبيعية أو يعمل على استخراجها بواسطة الآبار أو الطلمبات و مصدر المياه الجوفية هو مياه الأمطار التى تكون المياه السطحية التى يتسرب جزء منها فى باطن الأرض مكونا المياه تحت الأرضية
- - رائقة نتيجة لعملية الترشيح التى تحدث لها أثناء تسربها فى باطن الارض وعادة ليس لها رائحة ولا طعم الا البئر الملوث ويمكن ان تحوى مواد عضوية (كربونية وازوتيه)

الاحتياطات الواجب اتخاذها اثناء دق الأبار

- يجب أن يحرص الأشخاص والعمال القائمين بدق البئر علي عدم تلويث مجاوراته لمسافة 100 متر حوله . كما يجب عدم استخدام مواسير أو أدوات تكون قد تلوثت بالشحم أو السماد
- يجب غسل جميع المواسير والقاسون المستعمل بمحلول مركز من هيبوكلوريت الصوديوم ويطلق عليه (جير كلور) قبل انزالها في الأرض
- بعد الانتهاء من دق البئر وإنزال المواسير المجلفنه يجب تعقيم المياه قبل أخذ العينات وذلك بإستعمال مادة هيبو كلوريت الصوديوم قوة 25%

طريقة تعقيم الآبار

- 1- يحضر محلول الكلور بحيث تكون جرعة التعقيم 30 جم/م3 من مياه الماسورة الموصلة للبئر ويقلب السائل بهدوء لمدة 10 إلي 15 دقيقة ويترك ليرسب ويأخذ السائل الذي يحتوي علي الكلور الفعال لإستعمالة في التعقيم .
- 2-يضاف السائل الناتج من رقم (1) إلي المياه الموجودة في الماسورة ويترك لمدة 48 ساعة وفي خلال هذه الفترة يبدء في إدارة الطلمبه حركة بسيطة تتلوها حركة عكسية دون إخراج الماء وهذه العملية تتيح مزج المطهر بالماء كما يتيح لهذه المياه تعقيم جدران الماسورة
- 3-يبدأ بعد مضي الـ 48 ساعة المتقدمة في إدارة الطلمبة إدارة تامة لتفريغ محتويات الماسورة حتي يزول كل أثر الكلور في الماء (-تكون فترة الإدارة 24 ساعة)ثم تؤخذ العينات بعدها للاختبار

خزانات وصهاريج المياه

- إن إقامة عمليات المياه العامة يتطلب عمل خزان للمياه وتتوقف ساعة الخزان وحجمة علي نوع العملية وقوتها والإستهلاك اليومي وإعتبارات فنية أخري وتتم إقامة هذا الخزان بحيث يكون أعلي من منزل في المدينة حتي تصل المياه إلي الأدوار العليا من المنازل ويرعى فى الخزان الاتى
- يجب أن يكون موقع الخزان في مكان نظيف وان يكون الوصول اليه سهلاً
- يجب أن يغطي بغطاء محكم لمنع وصول الأتربه إليه .
- أن تعمل له ماسورة للمياه الفائضة بحجم مناسب حتي يمكن إبطار تشغيل الماكينة إذا ما إمتلأ الخزان .
- يجب أن يصمم الخزان بحيث تسحب المياه من أعلي القاع بقليل ليمكن للرواسب أن تتجمع في هذه المسافة . ويكون من السهل إزالتها عند غسله وتعقيمه .

طريقة تعقيم الخزانات

- يجب إعداد جميع مواد النظافة والتعقيم (جير الكلور) قبل البدء في العملية
- يفرغ الخزان من المياه مع الإبقاء علي كمية منها بإرتفاع 40: 50 سم تستعمل في تنظيف الخزان , أرضيته وجدرانه .
- العمال الذين يقومون بعملية التنظيف يجب أن يلبسوا أحذيه من المطاط ذات الرقبه الطويله بعد وضعها لبضع دقائق في محلول مخفف من كلورور الجير (واحد في الألف تقريباً) أي بنسبة ملعقه كبيرة في جردل ماء سعته حول 10لتر .
- بعد إزالة جميع المواد الملتصقة بأرضية وجدران الخزان بالفرش , تطرد مياه الغسيل بالعادم ثم تمرر كمية مياه جديده وتطرد , وتكرر هذه العملية حتي لا تبقي أية رواسب بأرضية الخزان.
- يعقم الخزان بإستعمال مسحوق جير الكلور الذي قوته 65% (علي الأقل) وذلك باستحلابه بمعدل 30 جرام لكل متر مكعب حسب سعة الخزن فمثلاً لتعقيم خزان سعته 100 متر يستحلب 3 كيلو جرام في جردل علي دفع ويضاف إلي مياهه أثناء ملئه ويترك ساعتين , ثم يفرغ ويبدء في ملئه للإستعمال .)

مزايا المياه الجوفيه

- أن الأمر لا يتطلب فيها إقامة منشأت بنايه كبيرة للمياه لأن الأرض تعتبر مخزن للمياه .
- أنها أقل عرضه للتلوث خاصةً تلك التي نحصل عليها بواسطة الأبار العميقه لأن قدرة الأرض علي ترشيح المياه تكون كافية لصلاحية المياه المسحوبه من البئر إلا في بعض الحالات الأتية:-
- إذا كانت طبيعة الأرض مشبعه بالمواد العضوية
- إذا كانت هناك خزانات لصرف مجاري أو أي مصادر تلوث أخري قريبة من البئر
- ج- إذا كان هناك شقوق في سطح الأرض تتسرب منها المياه السطحية إلي المأخذ
- 3- لا يتطلب الأمر إجراء عملية ترسيب أو ترشيح للمياه الجوفية

ولاكن قد يحتاج الأمر إلي تعقيمها بالكلور كاإجراء وقائي

4- إن إقامة بئر أو عدة أبار للمياه يحتاج إلي مساحة قليله من الأرض كما أن النفقات أقل ولذلك فهي مفضله في حالة مشروعات المياه التي تهدف إلي تغذية أكبر عدد ممكن بأقل النفقات

مساوئ المياه الجوفيه

- إحتمال عدم الحصول علي الكميات الكافية من المياه من الأبار الخاصة في المدن الكبيرة التي يزداد فيها الاستهلاك منما يتطلب ضرورة تدبير موارد أخري .
- أن المياه غالباً عسره ولابد من عمل تيسير لها إذا ذاد هذا العسر كما أن طعمها قد يكون ردئ . وإذا كانت المياه الجوفيه ستسعمل في أغراض الصناعه فإن العسر المؤقت يؤدي إلي أملاح كربونات وكبريتات الكالسيوم وهي تؤدي إلي خفض درجة الحرارة في الغلايات وقد يتسبب عنها إنفجار هذه الغليات .
- وجود الحديد والمنجنيز بنسبة كبيرة يتطلب ضرورة إزالته حتي لا يكون للماء شكل أو طعم غير مرغوب فيه وذلك علاوه علي تأثير الحديد في الأقمشه .

مصادر المياه

- أ-مياه الأمطار :-
- تستعمل مياه الأمطار كمصدر للمياه في المناطق التي تتوفر فيها مياه الأمطار بكميات مناسبة ويصعب الحصول علي موارد للمياه من مصادر أخرى مثل المياه الجوفية أو المياه السطحية.وتلك المناطق تتمركز فيها الأفراد في مجموعات قبائل حيث يقيمون بتجميع وتخزين مياه الأمطار التي تسقط موسميا عن طريق بناء سطح استقبال للمياه الساقطة في منطقة ذات تربة صخرية صماء لمنع تسرب المياه إلي التربة وتخزين المياه المجمعة في خزانات أرضيه مغطاة يتم تدعيمها بوحدات ترشيح كافية ووحدات تطهير مناسبة للحصول علي مياه أمنة الاستخدام ويتم التعقيم بواسطة مسحوق الجير المكلور أو احد مركبات الكلور الصلبة حيث تضاف الجرعة اللازمة لإعطاء تركيز 0.5مجم /لتر كلور متبقي .

ب- المياه الجوفية:

- يتسرب جزء من مياه الأمطار إلي التربة مكونة خزانات ضخمة من المياه الجوفية ومصدر هذا الخزان الجوفي من المياه قد لا يكون فقط من مصادر مياه الأمطار بل يكون في الغالب كما هو الحال في مصر من تسرب المياه السطحية من الأنهار والترع والمصارف إلي جوف الأرض وتعرف المنطقة التي تحتوي علي المياه بالطبقة الحاملة للمياه أو بمنطقة التشبع .

- ## جـ -المياه السطحية :
- تعتبر المياه السطحية هي أهم مصادر مياه الشرب في مصر . والمياه السطحية في مصر من نهر النيل وفروعه والرياحات والترع تعتبر نقية وتحتاج لبعض أعمال التنقية لإنتاج مياه صالحة للشرب . وفي بعض الأحيان تتعرض المياه السطحية إلي بعض الملوثات الصناعية والآدمية الناتجة عن صرف المخلفات السائلة عليها . ويجب اختيار موضع مأخذ مياه الشرب في المناطق الخالية من هذه الملوثات بقدر الإمكان لتقليل تكاليف المعالجة ولتحويل المياه مرة أخري لمياه صالحة للشرب.

-

المياه المستخدمة في الشرب

- أصدرت اللجنة العليا للمياه بجلسة 7/1/1975 المواصفات والمعايير الواجب توافرها في مياه الشرب ، ثم صدر قرار وزير الصحة رقم 108 لسنة 1995 ثم صدر مؤخرا قرار وزير الصحة رقم 458 لسنة 2007 والذي تضمن المواصفات والمعايير الواجب توافرها في مياه الشرب (كما هو مبين بالجدول رقم 5) .
- المواصفات العامة والمواصفات الغير عضوية والمواد العضوية والمواصفات

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب
طبقا للقرار 458 لسنة 2007

- ا
- لاختيار
- الحد الأقصى المسموح به
- اللون
- معدوم
- الطعم
- مقبول
- الرائحة
- معدومة
- العكارة
- 1 وحدة (NTU)
- الأس الأيدروجيني
- 6.5-8.5

تابع مواصفات المياه

- **الأملاح الذائبة عند 120 م^{5}**
- **1000 ملجرام/لتر**
- **الحديد**
- **0.3 ملجم/لتر**
- **المنجنيز**
- **0.4 ملجم/لتر**
- **النحاس**
- **2.0 ملجم/لتر**
- **الزنك**
- **3.0 ملجم/لتر**

تابع المواصفات للمياه

- العسر الكلي (كربونات كالسيوم)
- 500 ملجم/لتر
- الكالسيوم
- 350 ملجم/لتر
- الماغنسيوم
- 150 ملجم/لتر
- الكبريتات
- 250 ملجم/لتر
- الكلوريدات
- 250 ملجم/لتر
- الصوديوم
- 200 ملجم/لتر
- الألومنيوم
- 0.2 ملجم/لتر

تابع مواصفات المياه

- **مواد غير عضوية ذات تأثير على الصحة العامة :**
- **الباريوم**
- **0.7 ملجم/لتر**
- **الرصاص**
- **الزرنيخ**
- **0.01 ملجم/لتر**
- **0.01 ملجم/لتر**
- **السيانيد**
- **0.05 ملجم/لتر**
- **الكادميوم**
- **0.003 ملجم/لتر**

تابع مواصفات المياه

- **السيلينيوم**
  - **0.01 ملجم/لتر**
- **الزئبق**
  - **0.001 ملجم/لتر**
- **الكروم**
  - **0.05 ملجم/لتر**
- **النترات**
  - **45 ملجم/لتر**
- **النتريت**
  - **0.2 ملجم/لتر**
- **الأمونيوم**
  - **0.5 ملجم/لتر**
- **الفلوريدات**
  - **0.8 ملجم/لتر**

تابع المواصفات المصرية

- **المواد العضوية :**
- **الالكلور Alachlor**

•	**ملجرام/لتر**
•	**0.02**
• **الديكارب Aldicarb**	
•	**0.01**
• **ألدرين ، داى إلدرين Aldrin and dieldrin**	
•	**0.00003**
• **أترازين Atrazine**	
•	**0.002**
• **بنتازون Bentazone**	
•	**0.03**
• **كاربوفيوران Carbofuran**	
•	**0.007**
• **كلوردان Chlordane**	
•	**0.0002**
• **كلوروتوليورون chlorotoluorn**	
•	**0.03**
• **د.د.ت D.D.T**	
•	**0.00**
• **2،1-داى برومو 3-كلورو بروبان**	
•	**1,2-Dibromo 3-chloropropane (DBCP)**
•	**0.001**

تابع المواصفات المصرية

- **ترای هالو میثان**
- **Trihalomethanes**
- **0.1**
- **کلور**
- **Chlorine**
- **5**
- **میثوکسی کلور**
- **Methoxychlor**
- **0.02**
- **فینول**
- **Phenol**
- **0.002**

تابع المواصفات المصرية

- رابعا: المعايير الميكروبيولوجية:
- منوع الفحص طريقة القياس المتبعة
لحد الأقصى المسموح به
- أ
- العد الكلى للبكتريا
- صب الأطباق poured plate method
لا يزيد عن 50 خلية/سم3 عند درجة حرارة 37 درجة مئوية لمدة 24 ساعة
- لا يزيد عن 50 خلية /1سم3 عند درجة حرارة 22 درجة مئوية لمدة 48 ساعة.
- ب
- أدلة التلوث
- بكتيريا القولون الكلية
- Total Coliform
- "MPN" أو "MF"
- يجب أن تكون 95% من العينات التى يتم فحصها خلال العام خالية تماما من بكتيريا القولون حتى 100 سم^3 من العينة.
- كما يجب ألا تحتوى أى عينة من العينات على أكثر من 2 خلية/100 سم^3 على الا يتكرر ذلك فى عينتان متتاليتان من نفس المصدر.
-
- بكتريا القولون البرازية "باسيل القولون النموذجى"
-
- يجب أن تكون العينات خالية من باسيل القولون النموذجى.

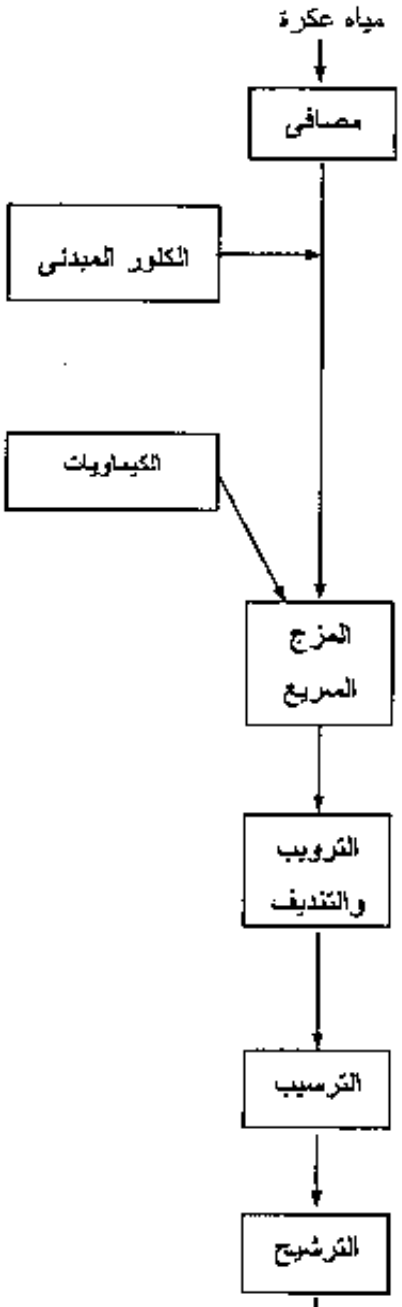
تابع المواصفات المصرية

- **الفحص البيولوجى**
-
-
- **عند فحص عينات المياه للطحالب**
-
- **- يجب الا يزيد نسبة الميكروسستين عن ميكروجرام/لتر ويتم اجراء هذا التحليل فى حالة ظهور نمو مفاجئ للطحالب الخضراء المزرقة Blue Green Alage أو وجود أعداد عالية منها.**
-
- **عند فحص عينات المياه ميكروسكوبيا**
-
-
- **- يجب أن تكون خالية تماما من البروتوزوا الحية وجميع أطوار الديدان المسببة للامراض.**

المعالجة التقليدية لمياه الشرب

- تمر المياه الخام بعدة عمليات لمعالجتها لتكون صالحة للشرب وهى:
- 1. المعالجة أولية وتنقسم إلى:
- التصفية
- التطهير المبدئي
- المعالجة الكيماوية المبدئية
- الترسيب المبدئي (اختياري)
- 2. المعالجة الرئيسية وهى تلى المعالجة الاولية وتنقسم إلى:
- الترويب
- التنديف
- الترسيب
- الترشيح
- التطهير/ التعقيم
- التخزين
- الضخ

العمليـــــــة	الهدف من إجراء العملية
مصافى	إزالة الأوراق والأغصان والأسماك وغير ذلك
الكلور الميدانى	التخلص من معظم الكائنات الحية المسببة للأمراض والتحكم فى الطعم والرائحة
الكيماويات	تجميع الجسيمات الدقيقة جداً لتكوين جسيمات أكبر
المزج السريع	خلط الكيماويات مع المياه العكرة التى تحتوى على الجسيمات الدقيقة التى لم ترسب أو ترشح
الترويب والتنديف	تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة معاً لتشكيل جسيمات أكبر تساعد فى عمليات الترويق والترشيح
الترسيب	ترسيب الجسيمات الأكبر العالقة
الترشيح	ترشيح الجسيمات العالقة المتبقية



الترسيب

- عملية الترسيب اما ان تكون طبيعية , اى تحت تاثير وزن المواد العالقة بدون اضافة اى مواد و تسمى هذه العملية بالترسيب الطبيعى. او تكون باضافة مواد مساعدة كيماوية للماء لتساعد على تجميع المواد الغير قابلة للترسيب و تسمى هذه العملية بالترسيب بمساعدة المروبات
- ** العوامل المؤثرة على كفاءة عمليات الترسيب منها:-
- تركيز المواد العالقة
- شكل و حجم و كثافة المواد العالقة
- درجة حرارة و لزوجة المياه
- مدة بقاء الماء فى الاحوض

نظرية الترسيب الطبيعى

- يحدث الترسيب الطبيعى نتيجة هبوط الحبيبات منفردة, و يحدث الترسيب تحت تاثير وزن الحبيبة فقط و يحدث مقاوة اثناء هبوط الحبيبات المنفردة نتيجة لزوجة المياه
- وتعتمد نظرية الترسيب على تخفيض سرعة المياه الداخلة الى احواض الترسيب الى ادنى درجة بحيث يتم ايقاف الحركة الافقية للحبيبات العالقة و العمل فقط بالحركة الرأسية مما يساعد على سرعة الترسيب
- و تقاوم الحبيبات الغير قابلة للترسيب عملية الترسيب لسببين اساسيين هما :-
- حجم الحبيبات نفسها
- القوى الطبيعية بين الجسيمات

الترسيب بمساعدة المروبات

- تضاف إلى المياه مواد كيماوية (مروبات) تعمل على تجميع هذه الحبيبات الرفيعة وتتكون عملية الترسيب باستخدام الكيماويات من ثلاثة مراحل تبدأ بعد اضافة المروب Coagulantوتلك المراحل هى :
- ـ المزج السريع (الترويب)
- ـ المزج البطئ (التنديف)
- ـ الترسيب

العوامل المؤثرة فى عملية الترسيب

- تتأثر عملية الترسيب بعدة عوامل أهمها:-
- 1-حجم الحبيبات: وطريقة توزيعها، فكلما زاد حجمها ووزنها, ازدادت كفاءة الترسيب.
- 2-شكل الحبيبات :- فكلما اقترب شكلها من الكروى كلما كان ترسيبها اسرع وأكفء
- لانخفاض معامل الاحتكاك بين الحبيبات
- 3-كثافة الحبيبات: فكلما زادت كثافتها زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها وبالتالى كفاءة الترسيب.
- 4-تركيز الحبيبات العالقة:-هذا التركيز ربما كان سببا في ازدياد كفاءة الترسيب نظرا لاحتمال تصادم ببعضها مما يسبب التحامها في شكل كتلة كبيرة مما يسهل عملية الترسيب .إلا أن التصادم يكون معوق لعملية الترسيب في حالة الحبيبات الصغيرة المتنافرة التي تحمل شحنات كهربية متشابهة
- 5-درجة حرارة الماء: فكلما ارتفعت درجة حرارته قلت كثافته ولزوحته وبالتالى زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادت كفاءة الترسيب.
- 6-الشحنة الكهربائية للجسيمات: والتى تكون دائما سالبة الشحنة، وعند معالجة المياه بالشبة موجبة الشحنة , يحدث تجاذب بين الجسيمات السا لبة والموجبة مما يساعد على ترسيبها وزيادة كفاءة الترسيب.
- 7- سرعة سريان الماء فى الحوض: فكلما قلت سرعة الماء , زادت كفاءة الترسيب، ويفضل ألا تتجاوز السرعة الافقية فى الحوض(30 سم/ دقيقة)
- 8-مدة بقاء الماء فى الحوض : مدة المكث فكلما ذادت المدة ذ ادت جودة الترسيب. ومن النواحى الاقتصادية والعملية أن تكون مدة المكث فى حدود 3 : 4 ساعات و حيث أن زيادة المدة أكثر من اللازم لا يزيد من كفاءة الترسيب إلا بنسبة بسيطة.
- النسبة بين طول وعرض حوض الترسيب فى الأحواض المستطيلة. وذلك لاقلال فرص تكون مناطق راكدة أو ميتة عند زيادة عرض الحوض.
- 9-التيارات الثانوية واختصارالمياه لمسارها:
- وهى من أهم االعوامل التى تؤثر على كفاءه عملية الترسيب.فيحب تنطيم سرعة المياه داخل الحوض

انواع احواض الترسيب

أ-أحواض الترسيب المستطيلة ذات التصرف الأفقى

وهذه الأحواض من أحسن أحواض الترسيب تسير فيها المياه أفقيا بسرعة لاتصل الى الحد الذى يعوق عملية الترسيب وتكون السرعة منتظمة .وغالبا ماتكون مستطيلة الشكل الطول أربع أمثال العرض والعمق بتراوح ما بين 2 الى3م قاع الحوض يميل الى الخلف لتسهيل عملية كسح الرواسب من على القاع كما يزود قاع الحوض

أحواض الترسيب الدائرية ذات التصرف القطرى

- وهى عبارة عن حوض دائرى تدخل المياه فى ماسورة حتى محور دائرة الحوض لتنتهى فى بئر المدخل لتتوزع المياة المياه الداخلة بشكل قطرى حتى هدار المخرج المركب على محيط دائرة كمافى الشكل.ويكون القاع ذو ميل الى الدخل لتسهيل كسح المواد المترسبة على القاع بحجم كافى لتخزين المواد المترسبة حتى يتم سحبها والتخلص منها ويركب على الحوض ذراع يرتكز عند محور دائرة الحوض ويدور على محيط ويركب على الذراع زحافات لكسح الرواسب ودفعها على القاع الى مركزالحوض والمياه المعالجة يتم سحبها من على سطح الماء بواسطة هدار دائرى يؤدى الى ماسورة المخرج

أحواض الترسيب ذات التصرف الرأسى

- وهذه الأحواض تكون عميقة نسبيا توجه المياه فيها بحيث تكون اتجاهها رأسيا من أسفل الى أعلى وبسرعة رأسية لاتسمح للمياه بحمل حبيبات المواد الصلبة المعلقة وتختلف طريقة تشيغل هذا النوع حسب
- وأنواع طرق التشغيل المستخدمه هى كما يلى.
- تجميع المواد المترسبة من على القاع : الذى فى الغالب على شكل دائرى ويشبه أحواض الترسيب الدائرى غير أن

اتجاه سريان الماء داخل الحوض يكون من أسفل الى أعلا

تجميع المواد المترسبة من وسط الحوض :. يشبه المروق النابض فى طبقة بطانيه الروبة المعلقة فى وسط الحوض

أحواض الترسيب النابضة

- وهى أحواض تشبه تلك المستخدمة فى البند(ج)(أحواض الترسيب ذات التصرف الرأسى) بطريقة التشغيل المبينة رقم(2) غير أن التصرف يتم التحكم فيه عن طريق خزان اعلى الحوض ويتم دفع كميات ثابتة من المياه بواسطة التعليق بتفريغ الهواء الى داخل الحوض على دفعات نابضة وتكون الروبة معلقة فى وسط الحوض وتكون المياه الرائقة اعلى الحوض والتى تسحب الى المرشحات

أنواع المواد الكيماوية المروبة "Coagulants"

الترويب باستعمال كبريتات الحديديك Ferric Sulphate

- وتركيبه الكيميائى $Fe_2(SO_4)_3$ ويسبب محلول كبريتات الحديديك تأكل فى المعادن لذلك يفضل اضافتة على شكل مسحوق وعند ذوبانة فى الماء يتم التفاعل كالاتى .
- $Fe_2(SO_4)_3 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow\downarrow 2Fe(OH)_3 + 3\ (CaSO_4) + 2\ Co_2$
- (1) لابد من استعمال الجير المطفئ للحصول على تفاعل كامل .
- (2) لا تسبب مشكلات للمرشحات .
- (3) تساعد على ازالة اللون من المياه .
- (4) تساعد فى ازالة الطعم والرائحة عند وجود الغازات مثل كبريتوز الهيدروجين فى الماء.
- (5) تسبب تأكل فى المعادن .
- (6) تكون ندف اثقل من تلك المتكونة فى حالة الشبة ز

2-الترويب باستعمال كلوريد الحديديك
Ferric Chloride:

- **حيث يضاف كمحلول ويتفاعل فى وجود القلوية الطبيعية فى الماء الناشئة عن بيكربونات الكالسيوم ، هيدروكسيد الكالسيوم .**
- $FeCl_3 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow\downarrow Fe(OH)_3 + CaCl_2 + CO_2$
- $FeCl_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow\downarrow Fe(OH)_2 + CaCl_2$

- **3-الترويب باستعمال كبريتات الحديدوز المكلورة Chlorinated Ferrous Sulphate :**
- **وهى مزيج من كبريتات الحديديك وكلوريد الحديديك وهى تصنع فى الموقع أى فى محطة التنقية . وذلك بإمرار غاز الكلور على محلول كبريتات الحديدوز بنسبة 1 : 7.8 فتتأكسد كبريتات الحديدوز إلى كبريتات الحديديك كما يتكون كلوريد الحديديك .**
- $Cl_2 \rightarrow\downarrow Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3 + H_2O + (FeSO_4 . 7H_2O)\ 2$
-

4- الترويب باستعمال كبريتات الحديدوز مع الجير المطفئ (هيدروكسيد الكالسيوم)

- وهى بللورات خضراء تعرف تجاريا باسم الكوبراس وتركيبها الكيميائى $FeSO_4 _ 7H_2O$ سريعة الذوبان فى الماء تتفاعل مع الجير المطفئ الواجب إضافته لإكمال التفاعل الكيماوي وتكوين الندف ، كما أن الشوائب التي قد تتواجد لا تسبب أى متاعب تذكر فى عمليات تنقية المياه.
- $4\ FeSO_4 + 4\ Ca(OH)_2 + 2\ H_2O + O_2 \rightarrow CaSO_4 + 2\ Fe(OH)_3\downarrow$
  - وهيدروكسيد الحديديك الناتج من هذا التفاعل هو الراسب الهلامي الذي يجذب إلى سطحه المواد العالقة الدقيقة ويهبط بها إلى قاع الحوض أما كبريتات الكالسيوم فتذوب فى الماء ويكون الراسب الناتج من هذا التفاعل اثقل من ذلك الناتج فى حالة الشبة

عيوب استعمال كبريتات الحديدوز:

- لابد من استعمال الجير المطفئ للحصول على تفاعل كامل .
- يحتاج إلى إشراف فني دقيق .
- لا يحسن استعماله إذا كانت المياه ملوثة .
- الجير المضاف قد يتفاعل مع بيكربونات الكالسيوم الموجودة أصلاً فى الماء مما ينتج عنه كربونات الكالسيوم التي قد تترسب فى شبكات المواسير

تابع انواع المروبات

- 5 – الومنيات الصوديومSodium Aluminate .
- 6 – كبريتات الالومنيوم النشادرية Ammonia Alum .
- 7 - الشب الأسود :
- وهو مسحوق الشب العادي مضافاً إليه نسبة حوالي 50% من مسحوق الكربون المنشط (Activated carbon) مما يساعد على إزالة الروائح والطعم من المياه كما يسبب توفيراً فى كمية

8-كبريتات الألومنيوم (الشبة)

- تعتبر كبريتات الألومنيوم ($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) هي الشائعة الاستخدام فى محطات تنقية المياه وتكون صلبة أو على هيئة مسحوق أو تكون سائلة بتركيزات مختلفة وهى أكثر البدائل مناسبة من الناحية العملية ، حيث أنها قليلة الآثار الجانبية ورخيصة الثمن وهى مادة طبيعية 100% تستخرج من المناجم ، ويمكن تصنيعها كيميائياً بسهولة ويمكن استيرادها وقد تحتوى الشبة على شوائب لا تذوب فى الماء غير أن هذه الشوائب لا يتسبب عنها متاعب أو مشاكل فى التشغيل طالما لم تتجاوز 5٪ .
- وعند إضافة المروب الى المياة الخام التى تحتوى على مواد قلوية على هيئة بيكربونات كالسيوم بتم التفاعل كالاتى

- $Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH_3)\downarrow + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2$
- اما اذا كانت القلوية الطبيعية غير كافية وعند اضافة الجير المطفى (هيدروكسيد الكالسيوم) قبل اضافة المروب يتم التفاعل كالاتى :

- $Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(OH)_2 \rightarrow 2Al(OH_3)\downarrow + 3\ CaSO_4$

وتتميز عملية الترسيب باستخدام الشبة كمروب الخواص التالية

- (1) فى جميع الحالات تنتج ندف هلامية من ايدروكسيد الالمونيوم تاخذ فى الهبوط الى جاذبة معها المواد العالقة الدقيقة الى قاع الحوض
- وجود املاح الصوديوم والبوتاسيوم فى الماء يسبب صغر فى Floc2 حجم الدف
- مما يمنع من ترسيبها بسهولة ولعلاج هذه الظاهرة يضاف المزيد من الشبة
- وجود املاح كربونات الكالسيوم أو كربونات الماغنسيوم فى الماء (3) يساعد على تكوين الدف الهلامية
- تتاثر عملية الترويب برقم الهيدروجينى وتكون اجود عملية ترويب (4) فى حالة رقم هيدروجينى يتراوح بين 5.5 -7.5 ويلاحظ فشل عملية الترسيب فى حالة الخروج عن هذا المدى.
- التفاعل بين الشبة والجير المطفئ ينتج عنه بالاضافة الى (5) أيدروكسيد الالمنيوم –كبريتات الكالسيوم التى تذوب فى الماء مسببة عسر الماء ولكن ذلك ليس بالاهمية التى تؤثر على صفات الماء حيث تكون عسر الماء المعالج بسيط غير محسوس .
- التفاعل بين الشبة والجير المطفئ أو كربونات الصوديوم ينتج عنه بالاضافة الى ايدروكسيد الالمنيوم ثانى اكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء ويسبب تأكل فى المعادن 66

العلاقة بين كميات المواد المروبة بجرعات مختلفة والرقم الهيدروجيني

تركيز الأيون الهيدروجيني المناسب	الجرعة (جزء من المليون)	المروب "Coagulant"
4-7	من 15 إلى 80	الشب (كبريتات الألومنيوم)
3.5-7 ثم من 8.5 فأكثر	من 8 إلى 50	كلوريد الحديديك
من 8.5 فأكثر	من 8 إلى 50	كلوريد الحديدوز
من 3.5 إلى 6.5 ثم من 8.5 فأكثر	من 15 إلى 50	كبريتات الحديديك

استخدام المروبات (مواد الترويب)

- وحيث أن معظم الجسيمات غير المرغوبة والمطلوب إزالتها من المياه سالبة الشحنة فبالتالى يجب أن تكون المرويات المستعملة فى معالجة المياه ذات شحنه موجبة , فالشحنات المرحبة تعادل الشحنات السالبة وتعجل الترويب.
- وتحتوى بعض المروبات على أيونات ذات شحنات موجبة أكثر من البعض الأخر فنجد أن تلك المشتملة على أيونات ثلاثية التكافوء مثل الالمونيوم و الحديد (Fe^{+++}, AL^{+++}) أشد فعالية بمقدار يتراوح من 700 - 1000 مرة (كمروبات (Na-)) من الايونات الأحادية التكافو مثل الصوديوم مرة فعالية من الأيونات ثانية التكافومثل الكالسيوم Ca^{++} وأشد ومن المواد الشائعة المستخدمة فى عملية الترويب هى كبريتات الالمونيوم و اسمها الدارج الشبة $AL_2(SO_4)_3.nH_2O$

المواد المساعدة فى عملية الترويب

- السيليكا المنشطة "Activated silica" (سيليكا مع كلور أو حمض كبريتيك أو ثاني أكسيد الكربون) .
- المواد العضوية الصناعية المعروفة باسم البولي الكتروليت (Polyelectrolyte) .
- الطمي (Clay) ، الكاولين (Kaolin) .

- المواد المنتجة للقلوية (Producing alkalinity agent) مثل أكسيد الكالسيوم (الجير أو الجير الحي) "CaO" ، هيدروكسيد الكالسيوم (الجير

الترويب

- توضح كلمة الترويب التأثير الناتج عندما تضاف مواد كيماوية معينة للمياه الخام المحتوية على مواد بطينة الترسيب ومواد لا تترسب طبيعياً , ويمكن تعريف الترويب على أنه بداية استجابة الجسيمات بطيئة الترسيب فى المياه الخام لعمل ندف دقيقة عند إضافة المروب للمياه مشكلآ سحابة هلامية ويسلزم ذلك عملية خلط سريع لضمان توزيع متماثل للمادة المروبة.

- **الخلط السريع**
- هو مزج المواد المروبة مع المياه الخام والغرض من المزج السريع هو التوزيع المتماثل للمواد الكيماوية
- المروبة خلال المياه وتحدث هذه العملية فى وقت قصير جداً عدة ثوان لم وتكون النتيجة الأولية لهذه
- العملية هى تكوين جزيئات صغيرة جدا. فالتلامس الأول للمروب مع المياه هى الفترة الزمنية الأكثرحرجاً فى عملية الترويب بأكملها.

وصف العملية الترويبية من الناحية الكيماوية

- تعتبر العملية الترويبية من العمليات المعقدة وهى عملية فيزيائية وكيميانية تحث بين قلوية المياه (وهى قدرة المياه على معادلة الأحماض) الناتجة من وجود مكونات مثل الكربونات والبيكربونات والهدروكسيدات واليورات والسيليكات والفوسفات بالمياه وبين المادة المروبة.
- ويساعد تقليل الرقم الهيدروجينى للمياه) pH 8(على تهيئة الوسط للشحنة الموجبة وهو المناسب للتفاعل مع الجزيئات و الغرويات السا لبة الشحنة مكونأ ندف غير ذانبة التى تعمل على إزالة الشوائب من المياه.
- ويعتبر مدى الرقم الهير وحينى من (5.5 - 7.5) مدى مناسب لعملية الترويب وتعطى الشبة أفضل نتانج فى هذا المدى حيث أن المادة المروبة تتفاعل مع جزء من القلوية فى الماء، والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم تمنع الرقم الهيدروجينى للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المروبة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل
- كالآتى:

- $Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2Al(OH_3)\downarrow + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2$

العوامل المؤثرة فى انجاز عملية الترويب

- . طرق المزج
- يجب مزج المواد المروبة (الشبة) مع المياه بأسرع وقت (عدة ثوان)
- حيث أن زمن هذا التفاعل قصير , ثم تتم عملية التفاعل بعد ذلك بعدة طرق منها
- المزج الهيدروليكى
- المزج الميكانيكى
- المزج بنظام الهواء المضغوط
- المزج بطريقة الحقن فى طلمبات المياه العكرة
- لكى تتم عملية الترويب والتنديف فإنه يجب أن يلامس المروب كل اجزاء المواد العالقة ويحدث ذلك بعملية التقليب السريع

التنديف

- هى عملية مزج بطئ للشبة تعمل على تجميع الحبيبات الصغيرة لتكوين حبيبات أكبر قابلة للترسيب ويستلزم ذلك عمل تقليب بطئ باستخدام الخلاطات الهيدروليكية والميكانيكية لإتاحة فرصة أكبر لعمل تلامس بين الندف الدقيقة لتلتصق ببعضها مشكلة ندف اكبر لترسب , وتتطلب هذه العملية زمن يتراوح من 15 :20 دقيقة. والطاقة المبذولة في الخلط لها قيمة محددة
- فالتنديف عملية أبطأ بكثير من الترويب لذلك فإن حوض التنديف يجب أن يكون أكبر نسبيأ ونظرأ لأن الندف هشة تماماً فلذلك يجب أن يجرى الخلط بطيئأ كما يجب أن تكون سرعة التصرف خلال الحوض بطيئأ بما يكفل عدم تفتيت جسيمات الندف .و تكسيرها وعلى ذلك يجب أن يكون حوض التنديف كبرا بما يكفى. لتهيئة مدة المكث الملائمة

العوامل المؤثرة فى الترويب والتنديف

- تركيز الاس الهيدروجينى (pH) ولكل نوع من المواد المروبة مدى فى الرقم الهيدروجينى. فتتم عملية الترويب بأعلى كفاءة بالنسة للشبة عندما يكون الرقم الهيدروجينى من 4.5 إلى 7.5 . اما بالنسبة لكبريتات الحديدوز فتحدث عند رقم هيدروجينى أكبر من 8.5
- قلوية الماء ,حيث تتم عملية الترويب اسرع مع القلوية العالية.
- ظروف خلط المادة المروبة، ويفضل أن يكون خلط المادة المروبة بسرعة وبتجانس فى كل حجم المياه الخام.
- نسبة العكارة , ويفضل ألا تقل عن نسبة معينة ,فإذا كانت قليلة جداً فأحياناً يتم اللجوء إلى إضافة مواد مساعدة لتكوين نواة تتجمع حولها الندف، ويؤدى ذلك إلى الإقلال من المادة المروبة.
- جرعة المادة المروبة , والمقصود بها عدد جرامات المادة المروبة التى يتم إضافتها للمتر المكعب من الماء الخاما ويعبر عنها بالجرام لكل متر مكعب . و بجزء فى المليون وذلك لاتمام عملية التر ويب والتندف باعلى كفاءة ولتكوين ندف ذات اكبر كثافة. ويفضل تحديد جرعة المادة المروبة عن طريق التجارب العملية باستخدام اختبار تحديد الجرعات (Jar test)

اختبار تحديد الجرعات Jar test

- 2. تجرى التجربة فى نفس درجة حرارة التشغيل فى الموقع وهى درجة حرارة الغرفة ولذلك فالمياه تحت الاختبار تأخذ مباشرة من المحطة وتعد باقصى سرعة حتى لا تتغير درجة حرارة الماء
- 3. أجمع 8 لتر عينة من المياه العكرة.
- 4. ضع فى كل كاس من الكئوس الستة كمية مقدارها 1000 مللى لتر من المياه العكرة.
- 5. ضع الكئوس داخل الجهاز ثم اسقط ريش التقليب فى الكئوس وقلب الماء بسرعة تعادل سرعة المياه بأحواض المحطة.
- 6. اضف بحرص وسريعأ بواسطة ماصة جرعة الكلور المقدمة لجميع الكنوس
- 7 . استخدم الماصة فى إضافة جرعات شبه متزايدة بالتوالى لكئوس الاختبار الستة بحرص
- وبسرعة بقدر الامكان .
- 8.استمر فى التقليب السريع لمدة حوالى دقيقة واحدة من بداية اضافة الشبة.
- 9 . قلل من سرعة التقليب لتصل إلى20 - 40 لفه/ د واستمر فى تقليب المحلول من مدة تتراوح من 20 إلى 30 دقيقة.
- لاحظ سرعة بداية تكون الندف فى كل كاس وشكلها وحجمها.
- 10. أوقف عملية التقليب ولاحظ ترسيب الندف بالكئوس لمدة 5 – 10 دقيقة. وعادة تشير العينة ذات الغيوم إلى عدم كفاءة الترويب. أما ذات الترويب الجيدة فتبدو رائقة لأحتوائها على ندف مجمعة ثقيلة الوزن
- 11. اسحب بواسطة سيفون على شكل حرف (S) فى نفس الوقت كمية المياه التى تمثل ارتفاع 7 سم العلوية من الكاس وهى حوالى نصف لتر تقريباً للكاسات الستة، وجمعها فى عدد ستة مخابير لاجراء باقى الاختبارات عليها
-

طريقة حساب جرعة الشبه

- بفرض أن طلمبة الشبة تعطى 514 جالون/ ساعة عند مشوار 100 % المكبس ولنفرض أن المعمل حدد جرعة الشبة 30 جم/م^3 لمروق يعطى 5000 م^3/ ساعة
- ∴ كمية الشبه الصلبة المطلوبة = 5000 X 30 = 15000 جم / ساعة و لكن حيث الشبة المستخدمة سائلة بتركيز 10 % (10 جم شبه صلبة / 10 مل ماء)

تطهير المياه

- وعملية التطهير
- في معالجة المياه تهدف في المقام الأول إلى التخلص من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للامراض ولاتشمل الكائنات الحية فى الطور المتحوصل المقاوم للحرارة .
- بخلاف التعقيم
- الذي يعنى القضاء على جميع انواع الكائنات الحية من أى نوع سواء كانت مسببة للامراض أو غير ممرضة عل شكل طور نشط أو شكل طور متحوصل أو اى شكل أخر

هى أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهى التى تضفى عليه صفة الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض المعدية المنقولة عن طريقه وتتم عملية تطهير المياه بطرق متعددة منها:-

المعالجة الحرارية

وهي أول طريقة تم اكتشافها ويتم فيها غليان الماء، باستخدام الغليات، و لا تستخدم هذه الطريقة في إنتاج كميات كبيرة من المياه نظرا لارتفاع تكلفة الطاقة المطلوبة لها.

المعالجة الاشعاعية

هى مرور المياه علي لمبة تنتج أشعة فوق بنفسجية ويجب أن تكون المياه خالية من العكارة وقريبة جدا من اللمبه المشعة لذا لا تستخدم هذه الطريقة إلا فى إنتاج الكميات الصغيرة من المياه

المعالجة الكيماوية

يمكن استخدام العديد من المواد الكيمائية فى تطهير المياه ومنها: الكلور (الكلورة), ثانى أكسيد الكلور

الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة

- أن تكون قاتلة للجراثيم ولا تؤثر على صحة الإنسان.
- أن تكون رخيصة الثمن ومتوفرة محليا
- أو يسهل استيرادها طوال العام

إضافة الكلور من أكثر الطرق انتشارا في عمليات تطهير المياه وقد كان لظهور عملية الكلوره اثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وابسط المعدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود والتى كان لظهور الكلور واستخدامه الفضل الأكبر فى القضاء عليهما.

ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله, وكذلك سهولة الحكم على مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته.

الكلورعامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب فى المرشحات.

والكلور عنصر كيماوي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ويدخل الكلور في كثير من الصناعات المدنية والحربية منها علي سبيل المثال صناعة البترول والمعادن والورق والمنسوجات والصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية كما يستعمل الكلور في معالجة مياه الصرف الصحى وتطهير مياه الشرب.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبة حيث تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمه في محطات المياه ومصانع النسيج و خلافه.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أى مادة فى ثلاث صور مختلفة: السائل، الغازية

الكلورغاز لونه اصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين و نصف له رائحة مميزة شديدة النفاذية ووزنه الذرى 35.5

الكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء (6.7 جم/لتر ماء عند 20مْ ,14.8 جم/لتر ماء عند صفر مْ ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب , كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على .تركيزه لفترة طويلة.

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار, إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة .

كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتأكل , إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة.

غاز الكلور سام ومهيج للاغشية المخاطية المبطنة للانف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس.

يسال بالتبريد عند -34.1 مْ، ضغط جوى ا بار(أو يسال تحت ضغط عالي)7كجم/ سم 2 ، في درجات الحرارة العادية(ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين الى 1000 كيلوجرام وتتوقف العبوة

في حالة وجود تشرب لغاز الكلور في الجو فإن 3 جزء بالمليون هى اقل نسبة يمكن حسها بالشم وعند 5 جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة ويصبح خطرا إذا ما استشق لفترة من 30 - 60 دقيقه عند تركيز من0 4 - 60 جزء فى المليون, وإذا زاد التركيز فى الجو ليصل إلى 1000 جزء في المليون فإنه يصبح مميت.

أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثماني ساعات) لا تتجاوز

الكلور السائل

- عبارة عن محلول نقى كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا. وللكلور السائل معامل تمدد عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة, حيث يزداد تمدد السائل ليملاء الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى 67.5 مْ ولذلك يلتزم دائما بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من 85 % من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى, لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة.
- عند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه (تنتج حوالى 460 وحدة من

الكلور الصلب

- نظرا لان الكلور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا -102 مْ فهو نادرا ما يوجد في صورته الصلبة , غير انه يتواجد متحدا مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات ومركبات الكلور.
- بخلاف الكلور النقى يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة

- **محلول الكلور**

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم وهو محلول يحتوي علي حوالي 15%من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة, ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) و هذه المادة تحتوى علي حوالي 60 – 70. % من الكلور الحر

ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ليست بالطويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمه بواسطة أجهزة خاصة. _

المسحوق المبيض :

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار, له رائحة قوية نفاذة، الجيد منه يحتوي علي 32 % من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ فى النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظة في عبوات خاصة محكمة القفل , كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل الاستخدام حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة.

وعموما فإن استعمال مركبات الكلور اصبح غير شائع فى عمليات التطهير للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل فى الحالات الآتية:-

1 تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها او إصلاحها.

2 . تطهير مرشحات وخزانات المياه

3 في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

استخدامات الكلور فى محطات المياه

يستخدم الكلور فى محطات المياه لغرض التطهير و للقضاء على مشاكل الطعم و الرائحة و لاكسدة الشوائب الكيميائية

1. التطهير:

يستخدم الكلور فى محطات مياه الشرب كمادة مطهرة. إذ أن إضافة الكلور تتسبب فى قتل البكتريا الضارة والمسببة للامراض. ولذلك تحدد اشتراطات جهات الصحة المختلفة ضرورة إضافة جرعات وافية من الكلور للماء تكفل توافر الكلور المتبقى حتى نهايات شبكة التوزيع (فى حدود 2 . 0 ملجم/لتر)

2. القضاء على مشاكل الطعم والرائحة:

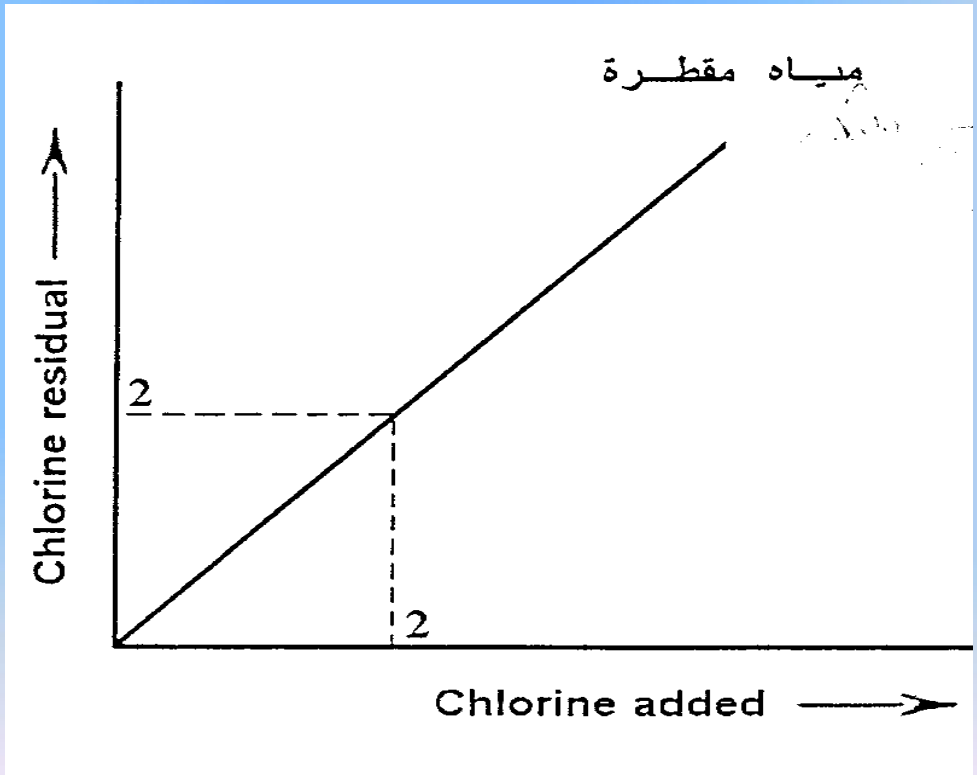
قد يستخدم الكلور للقضاء على بعض مشكلات الطعم والرائحة فى مياه الشرب. إذ أن معظم مشاكل الطعم والرائحة تتسبب عن بعض النباتات المجهرية الدقيقة التى تتواجد فى مصادر المياه السطحية. فيتفاعل الكلور كمادة مبيده للطحالب ويقضى على تلك النباتات المسببة للطعم والرائحة. إلا أن هناك أنواع قليلة من الطحالب لا تتفاعل مع الكلور بالشكل المرغوب ويترتب على ذلك زيادة حدة الروائح الطعم غير المقبول للماء.

3. الأكسدة:

يقوم الكلور بأكسدة عدد من الشوائب الكيميائية الموجودة فى الماء كالحديد.
المنجنيز , النيترات , الأمونيا وكبريتيد الهدروجين . وبالتالى ازالتها من الماء. وتتواجد تلك الشوائب عادة فى مصادر المياه الجوفية.

نظرية عمل الكلور

لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية . نفرض مبدئياً أن التفاعل سيحدث في مياه مقطرة . فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة(الجرعة).



وعلى سبيل المثال: إذا اضيف جرعة كلور بمقدار 2 مجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (2 مجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث

وسيتم التفاعل كالتالى:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

$$CL_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

نواتج التفاعل مركبات ضعيفة لا تلبث ان تتفكك إلى نواتج أخرى كالتالي:

حامض الهيبوكلورز ← أيون الهيبوكلوريت + ايون هيدروجين

(حامض ضعيف يتفكك)

$$HOCl \rightarrow OCl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

وحامض الهيدروكلوريك ← ايون كلور + ايون هيدروجين

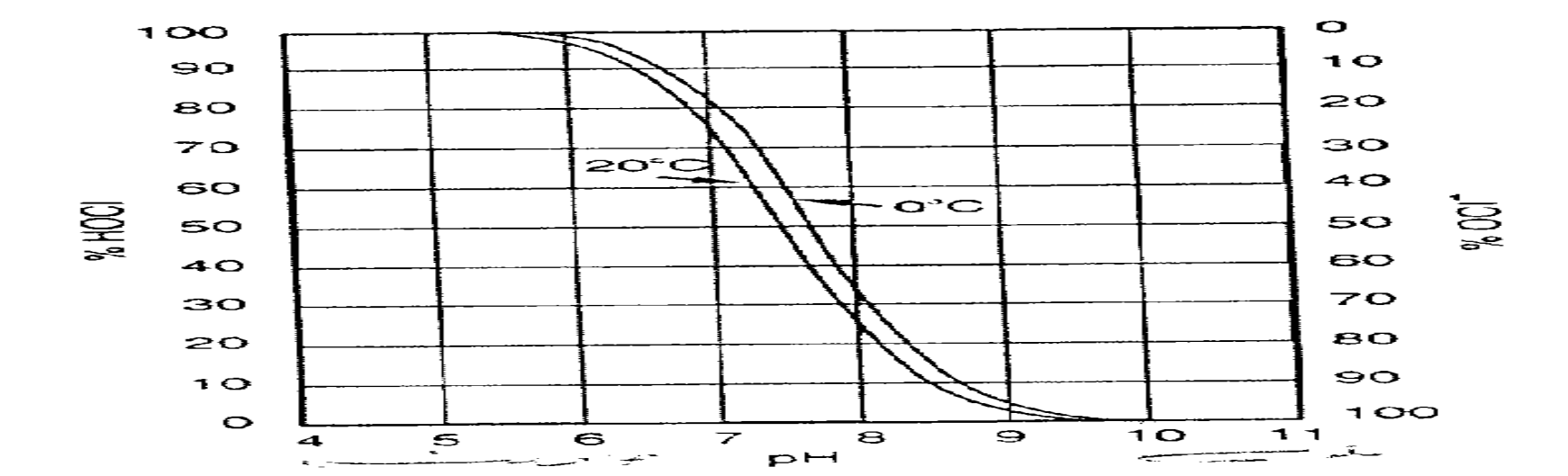
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

أحد شكلين من أشكال HOCl ويمثل حمض الهيبوكلورز الكلور الحر المتبقى وهو الأكثر فاعلية في عملية التطهر وعند تحلله كما في المعادله (2) السابقه ينتج ايون OCl^- وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الهيبوكلوريت الحر المتبقي وتأثيره في عمله التطهير تعادل 1% فقط من تأثير حمض الهيبوكلورز.

الشكل	فاعلية الكلور مقارنة بحمض الهيبوكلورز
HOCl	1
OCl –	1/100
NCl3	-
NHCl2	1/80
NH2CL	1/150

تأثير pHعلى التفاعل

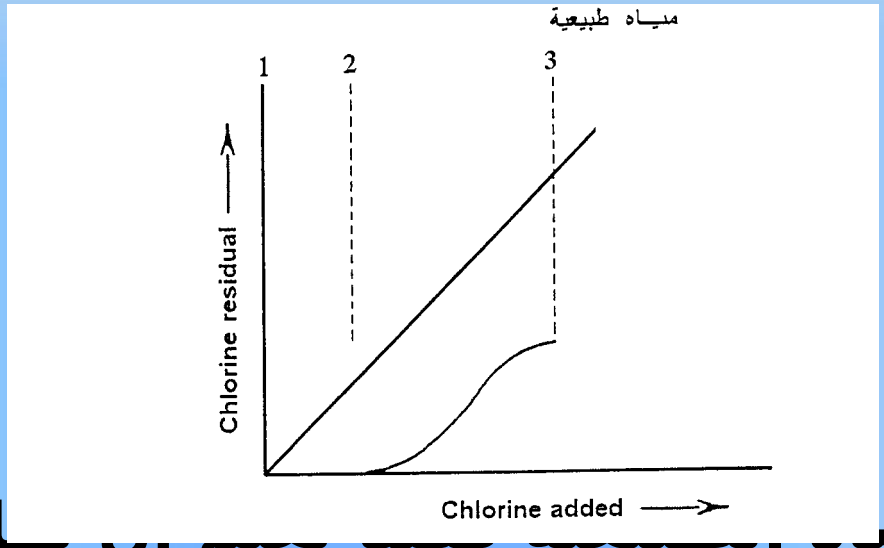
يتأثر التفاعل بالأس الهيدروجيني تأثيرا كبيرا فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض الهيبوكلوروز وكلما كان الوسط اقرب للقاعدية زادت أيونات الهيبوكلوريت.



:- فمثلا

عند الاس الهيدروجينى 6.7 تكون النسبة
ملح هيبوكلوريت +0 8 % حمض هيبوكلوروز % 20
عند الاس الهيدروجينى 7.3 تكون النسبة
ملح هيبوكلوريت +0 6 % حمض هيبوكلوروز % 40
عند الاس الهيدروجينى 8.3 تكون النسبة
ملح هيبوكلوريت + 20 % حمض هيبوكلوروز % 80

يتبين مما سبق انه قد يوجد كلور بالعينة. ولكن فاعليته تختلف بالزيادة او النقصان تبعا لاختلاف درجة تركيز الأس الهيدروجينى



أما بالنسبة للمياه الطبيعية فعلى الرغم من أن بها مواد ذائبة وشوائب عالقة وبالتالى فان تفاعل الكلور مع تلك المواد والشوائب سيتداخل ويؤثر على كمية الكلور المتبقى الحر كنتيجة لذلك.

وعلى سبيل المثال: إذا احتوى الماء على حديد، منجنيز, أمونيا, نيتريت , أو أي مادة عضوية فسوف يتفاعل الكلور المضاف معها ليعطى انحراف في المنحنى يناسب تلك المتفاعلات ودرجة تركيزها بالمياه

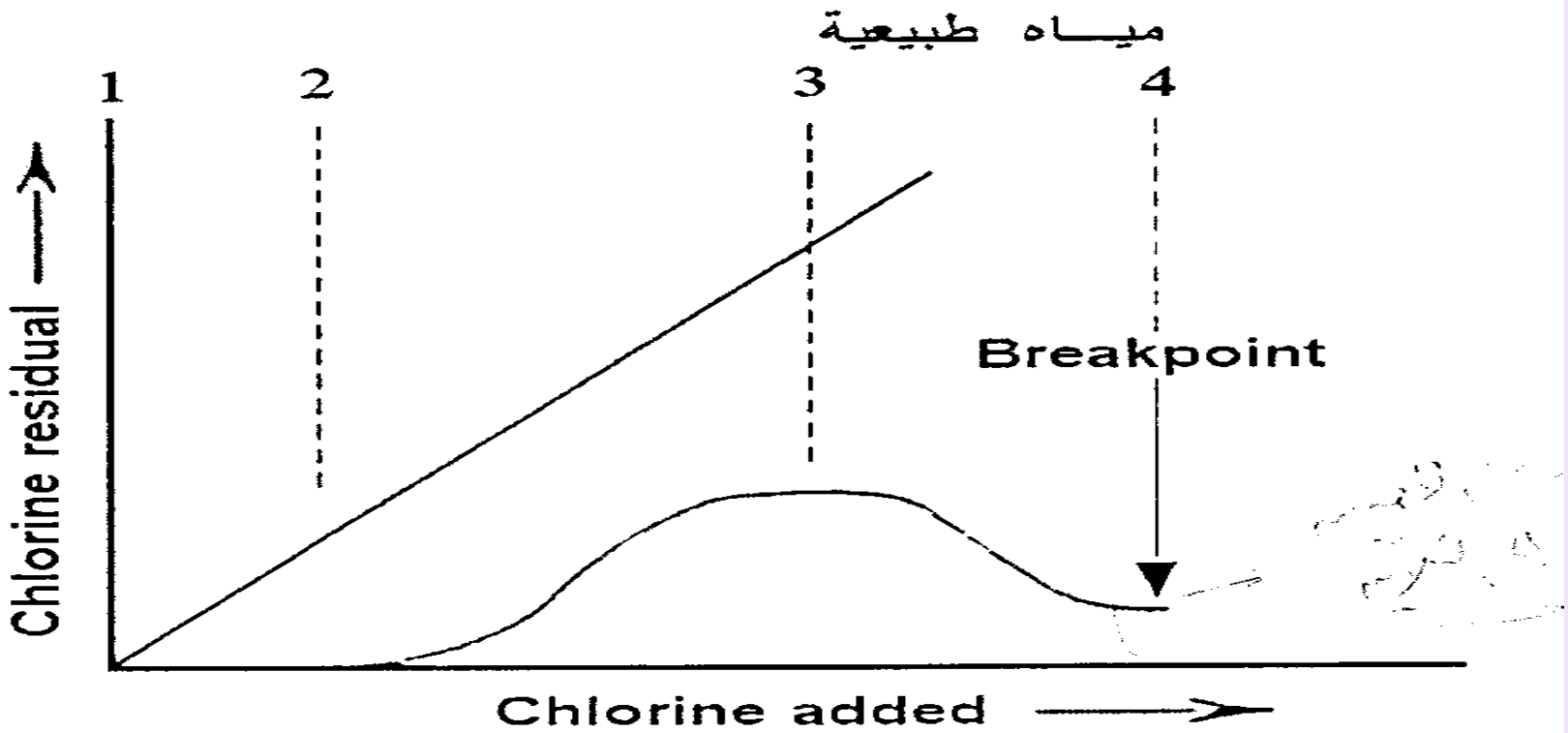
من الشكل:- المسافة بين النقطتين 2 و1 الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد و المنجنيز و النيتريت كمواد مختزلة ولا يظهر تبعا لذلك أي كلور متبتقى حتى الانتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطه الكلور.

باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقطتين 3 ، 2 يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضويه ليشكل مركب الكلورامين والمركبات الكلوروعضوية وهذه النواتج من أشكال الكلور تعرف بالكلور المتبتقى المتحد ولكن فاعلية هذه الأ شكال كعامل مطهر تكون اضعف من الكلور الحر.

أمونيا + حمض الهيبوكلورز ← أحادى الكلورامين + ماء

$$NH_3 + HOCl \rightarrow NH_2Cl + H_2O \quad (pH > 7) \ldots\ldots (4)$$

يوضح الشكل التالى انه بمتابعة إضافة كلور للمياه , يبدأ الكلور المتبقى من النقطة 3 حتى النقطة 4 في الانخفاض وذلك كنتيجة لبدأ أكسدة مركبات أحادى الكلورامين الى مركبات ثاني وثالث الكلورامين و حتى



ويوضح ذلك التفاعلات التالية:

في حالة إذا ما كان NH_3 بكمية وفيرة:

$$NH_2Cl + HOCl \rightarrow NHCl_2 + H_2O \quad (4 < pH < 6)..... (5)$$

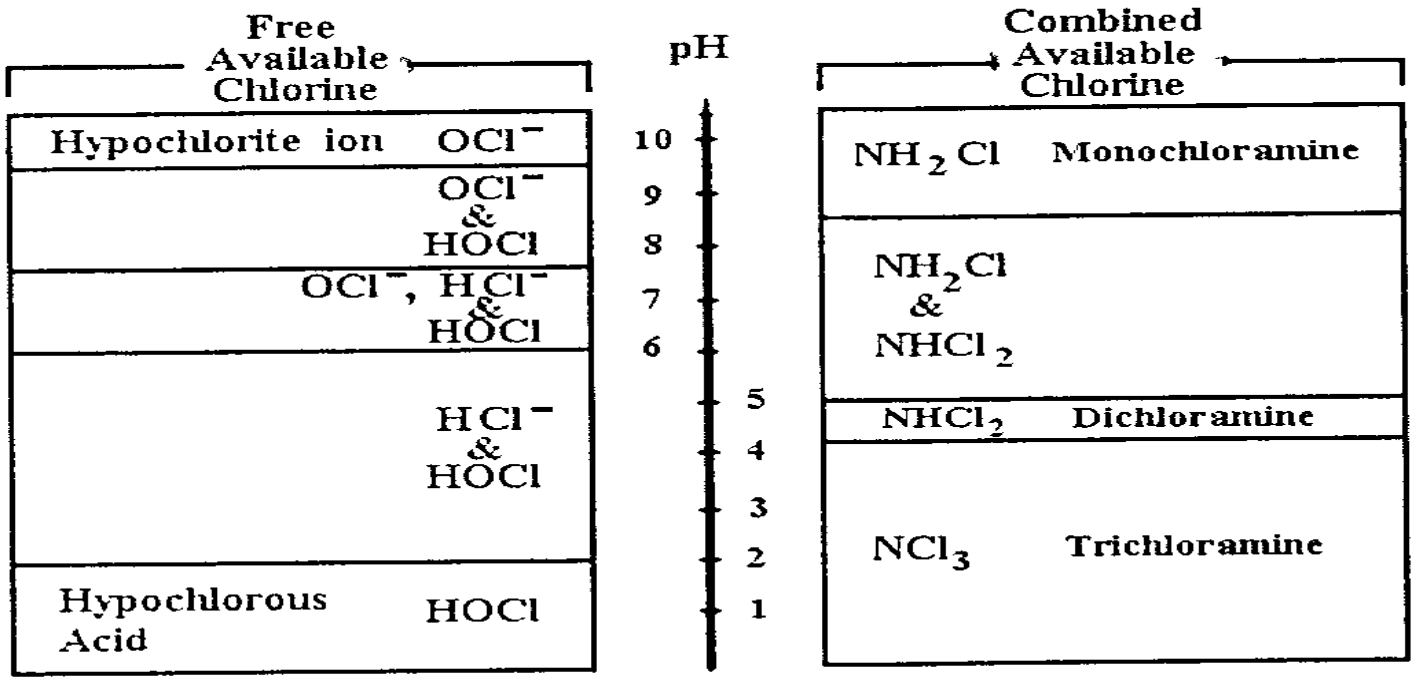
$$NHCl_2 + HOCl \rightarrow NCl_3 + H_2O \quad (pH < 3)..... \quad (6)$$

ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه.

إذا كان كمية الكلور في الماء كافية فإن التفاعل سيكون ثابت مع زيادة الامونيا, كما في المعادلة التالية

$$2NH_2Cl + HOCl \rightarrow N_2 + 3\,HCl + H_2O \quad \ldots\ldots (7)$$

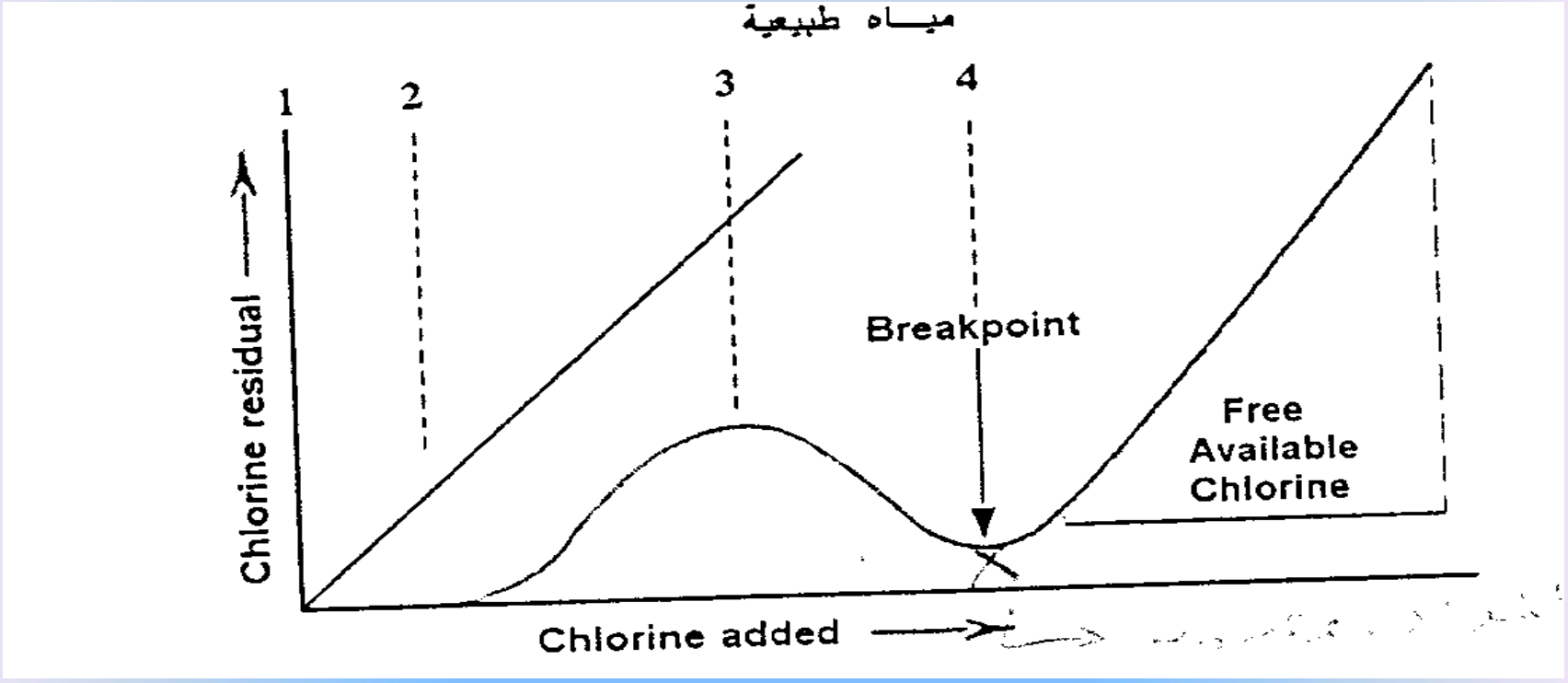
٦) يوضح علاقة pH بأشكال الكلـــور المحتمـــل تواجـــدها بالميـــاه



ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث يلاحظ أن الكلور الحر اقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلا حظ أيضا أنه يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد اكبر 25 مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي القتل في نفس المدة الزمنية

علاوة علي ذلك فان التطهير بالكلورامين عملية بطيئة وتحتاج إلى فترة تلامس اطول.

النقطة 4 هى أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف باسم نقطة الانكسار. ثم يبدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضافة . بمعنى انه بعد نقطة الانكسار أي إضافة للكلور تظهر في صورة كلور حر متبقي, وقيمة الكلور الحر المتبقى يجب أن تمثل 85 -90 % من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة.



يجب أن نتذكر أن الكلور المتبقى المتحد يمثل مركبات والمركباتAs THMs ثنائى و ثلاثى الكلورامين
(الكلورو- عضوية

تتوقف فاعلية الكلور في قتل البكتريا على العوامل الآتية:-

1. جرعة الكلور:

بديهي إن فاعلية الكلور فى القضاء علي البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضافة الى المياه.

2. مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس):

تزيد فاعلية الكلور كلما طال من التلامس . و نظرا لان مقاومة البكتريا للكلور باختلاف أنواعها . فوجد انه يجب أن تمر ثلاثين دقيقة على الأقل من إضافة الكلور وحتى استعمال الماء كفترة تلامس. وقد وجد أن قدرة الكلور على قتل البكتريا بالماء تتأثر تأثراً كبيراً بالعاملين السابقين (الجرعة، ووقت التلامس) ويؤثر كل منهما على الآخر فبزيادة تركيز الكلور يقل الوقت اللازم للقتل والعكس بالعكس.مع الأخذ في الاعتبار أن الكلور المتحد تأثيره اقل من الحر في عملية التطهير ولذلك يلزمه فترة تلامس أطول لإتمام عملية قتل البكتريا الموجودة بالماء.

من المهم معرفة فترة التلامس الملائمة لنوع الكلور المتبقى الموجود بالماء , فمثلا نعتمد على الكلور الحر المتبقى في التطهير عندما يكون الوقت المقطوع من نقطة إضافة الكلور حتى نقطة استهلاكه قصير.

الشكل (يبين العلاقة بين الوقت اللازم لقتل بكتريا E Coli بنسبة 99 % عند درجة حرارة 2 - 6 م0 ونوع الكلور المتبقى بالماء.

3. درجة الحرارة:

بالرغم من أن درجة حرارة المياه المنخفضة تحتفظ أكثر بالكلور إلا أن الحرارة العالية أكثر فاعلية، ولذلك يجب تغيير جرعة الكلور مع تغير الفصول للحفاظ على نسبة الكلور المتبقى بالمياه, بمعنى إن جرعة الكلور تزيد بانخفاض درجة الحرارة للحصول علي نفس كفاءة التطهير.

4. درجة تركيز أيون الهيدروجين:

لقد تبين أن المياه ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض تلزمها جرعات كلور اصغر من المياه ذات التركيزالهيدروجين المرتفع للحصول علي نفس كفاءة التطهير. وتفسير ذلك ان الأس الهيدروجيني هو الذي يحدد النسبة بين تركيزي كل من$OCL,HOCl$. لاحظ من الشكل أيضأ أن درجة الحرارة تأثيرها ضعيف على نسبة التحلل بالمقارنة بتأثير الأس الهيدروجيني.

أما اذا استخدم الكلور غاز فإنه يخفض الاس الهيدروجينى ويحافظ على فاعلية الكلور الحر المتبقى ... واستخدام مركبات الهيبوكلوريت في عمليات التطهير ترفع من قيمة pH ودرجة قلوية وحامضية الماء تؤثر على التطهير بالكلور فتقل فاعلية الكلور بزيادة قلوية الماء ولذلك يلزم استخدام

5. عكارة الماء:

كلما زادت عكارة الماء زادت جرعة الكلور اللازمة إذ أن الميكروبات قد تحتمي بالمواد المسببة للعكارة من تأثير الكلور.

6. وجود المركبات العضوية في الماء,

عند تواجد مركبات الأمونيا في المياه تقل فاعلية الكلور في قتل الكائنات الحية في الماء ولذا يلزم إضافة جرعات اكبر أو إطالة وقت التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس).

7. وجود مركبات الحديد والمنجنيز:

وهذه أيضا تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين:

- إضا فة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد .
- إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية الدقيقة.

أولاً: إضاقة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد :-

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب, وبهذا نضمن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك فى حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه.

و تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور علي البكتريا.
- أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء.
- الحد من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء.
- إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور، علي انه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا.

وطرق إزالة الكلور الزائد :

1. إضافة ثاني أكسيد الكبريت إلى الماء بجرعات حوالي 1.5 جزء فى المليون لكل جزء في المليون من الكلور المراد إزالته وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما يوضحه المعادلة

$$SO_2 + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$$

كميات حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكلوريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جدا ولا أهمية لها كما يجب أن تمر حوالي 15 دقيقة بعد إضافة ثانى اكسيد الكبريت قبل استعمال المياه.

2. إضافة ثيوسلفات الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما يوضحه المعادلة:

$$2\,Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2\,NaCl$$

3. إضافة كبريتيت الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$$

4. تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد في الجو.

5. ترشيح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد

6. مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان.

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية

Break point تحديد احتياج الكلور باختبار

احتياج الكلور هو مقياس لمقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم من المياه تحت شروط محدودة للاس الهيدروجينى ودرجة الحرارة وفترة التلامس حتي يتم التفاعل الكامل بجميع مواد الكلور القابلة للتفاعل فى الماء ويحقق كلور حر متبقي، ويحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقى في المياه عند فترة التلامس

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على اللكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبقى في حدود معينة (0.2 مجم/لتر)

ووحدة الجرعة ملجم كلور/لترماء أو جم كلور/م3ماء.

و يتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد تنقيتها

كمية الكلور المطلوب اضافتها للماء

هى حاصل ضرب جرعة الكلور فى كميه المياه فى الساعة ووحدتها كجم/ساعة

$$\text{كمية الكلور المطلوبة} = \frac{٢٠٠٠٠٠\ م^{٣}/س \times ٥\ جم/م^{٣}}{١٠٠٠} = ١٠٠\ كجم/س$$

وفى حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم تركيز ٦٥% بدلاً من الكلور دون حدوث أى تأثير على المياه، فإنه يلزم أولاً معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها.

كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور =

$$\frac{\text{كمية الكلور} \times ١٠٠}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثـــال:

ما هى كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥%) التى تضاف إلى المياه بدلاً من ١٠٠ كجم كلور.

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥\%)} = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٥٣,٨٥ \text{ كجم}$$

يعرف الكلور المستهلك بانه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى في الماء فى فترة تلامس محددة

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

مثال:

ما هى كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور المتبقى 2 . 0 جم/ م^3 بعد إضافة 100 كجم كلور لكمية مياه مقدارها 20000 م^3 ؟

الحل

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

م^3 = 20000 Xكمية الكلور المتبقى =2 . 0 جم/ م^3

4000 جم = 4 كجم

اذا الكلور المستهلك = 100 – 4 = 96 كجم

هذه الكمية استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب.. إلخ. ولابد من وجود كلور متبقى بعد كل هذه الاستهلاكات. وهذا دليل على أنه لم يعد هناك أى كائنات حية أو خلافه وأن الماء اصبح

هناك نوعان من الكلور المتبقى

1. الكلور المتبقى المتحد:

ينتج عن إضافة قدر من الكلور يكفى فقط للاتحاد مع الامونيا الموجودة بالماء . وبرغم أن تلك البقايا المتحدة تحمل قدرات أكسده تفوق قدرة الكلور الحر إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فاعلية الكلور الحر.

وللحصول على الكلور المتبقى المتحد لا يضاف إلى الماء إلا قدر الكلور الذى يكفى للاتحاد مع الأمونيا الموجودة فى الماء , فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا

2. الكلور المتبقى الحر:

ينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذى يكفى لاستهلاك الأمونيا الموجودة فى الماء والقضاء عليها. والكلور المتبقى الحر كما ذكرنا قبل هذا أكثر فعالية من الكلور المتبقى المتحد كمادة مطهرة.

اماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

يمكن إضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطات التنقية تبعا لحالة كل محطة وكذلك تبعا لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعا لتجارب وخبرات المشرف علي التشغيل.

اضافة الكلور المبدئى

اى حقن الكلور بعد عملية الحصول على المياه من المصدر مباشرة وقبل الدخول الى عملية التنقية (المروقات والمرشحات)

تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- **خفض تعداد. البكتريا في الماء قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح.**
- **تطهير رمل المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عمله الترشح.**
- **كفاءه عاليه في إزاله اللون من الماء.**
- **نقص في كميات الكيماويات المروبه إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترسيب.**
- **كفاءة عاليه في إزاله الطعم والرائحه من الماء.**

<u>إضافة الكلور النهائى</u>

أي إضافة الكلور إلى الماء بعد مرحلة الترشيح أي عند مدخل خزان المياه النقية , وهي طريقة سهلة في تشغيلها ويكون الكلور أكثر فاعلية علي البكتريا بسبب خلو الماء من أي عكارة أو شوائب.

يضاف جرعة زائدة من الكلور النهائي في الخزانات الملحقة بالمحطات وذلك لضمان خروج الكلور بنسبة معينة مطلوبة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد الى مسافات بعيدة ويخشى من تواجد البكتريا فى الأطراف البعيدة منها وحتى يصل

إضافة الكلور في الطريق المتوسط

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيري عالي نسبيا إذ يحسن في هذه الحالة إضافة الكلور في أكثر من نقطة علي مسار الماء في محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلوره كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة في خزانات مكشوفة ففى مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور في مخارج المياه من الخزانات.

تذكر انه من نتائج أضافه المواد المؤكسدة (الكلور) للمياه:

1. **تكسير أغلب المركبات المسببة للون .**
2. **أكسدة الحديد والمنجنيز ومعظم المركبات الكبريتية**
3. **تكسير بعض المركبات المسببه للرائحه .**
4. **تكسير بعض المر كبات الحلقية .**
5. **القضاء على عدد كبير من البكتريا .**

شكرا لحسن استماعكم